



Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé

7-2 | 2005

Réseau québécois de recherche en SST

Contribution des travailleurs dans l'élaboration des programmes d'entraînement à la manutention sécuritaire : identification des stratégies, évaluation biomécanique et implantation

Workers' contribution to the development of training programs in safe manual handling: identification of strategies, biomechanical evaluation and implementation

Contribución de los trabajadores en la elaboración de los programas de práctica a la manutención segura : identificación de las estrategias, evaluación biomecánica e implantación

Micheline Gagnon



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/pistes/3199>

DOI : 10.4000/pistes.3199

ISSN : 1481-9384

Éditeur

Les Amis de PISTES

Édition imprimée

Date de publication : 1 mai 2005

Référence électronique

Micheline Gagnon, « Contribution des travailleurs dans l'élaboration des programmes d'entraînement à la manutention sécuritaire : identification des stratégies, évaluation biomécanique et implantation », *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé* [En ligne], 7-2 | 2005, mis en ligne le 01 mai 2005, consulté le 22 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/pistes/3199> ; DOI : 10.4000/pistes.3199

Ce document a été généré automatiquement le 22 avril 2019.



Pistes est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

Contribution des travailleurs dans l'élaboration des programmes d'entraînement à la manutention sécuritaire : identification des stratégies, évaluation biomécanique et implantation

Workers' contribution to the development of training programs in safe manual handling: identification of strategies, biomechanical evaluation and implementation

Contribución de los trabajadores en la elaboración de los programas de práctica a la manutención segura : identificación de las estrategias, evaluación biomecánica e implantación

Micheline Gagnon

Ces travaux ont été réalisés grâce aux subventions accordées par l'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) et par le Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG).

1. Introduction

- 1 On croit que l'entraînement des travailleurs à la manutention sécuritaire constitue une mesure de prévention pour réduire les risques associés au milieu de travail. Il est donc pertinent de s'interroger sur les éléments fondamentaux à inclure dans les programmes d'entraînement. Parmi les principes mécaniques les plus souvent cités pour une

manutention sécuritaire, on note la réduction du bras de levier et du moment de la charge, l'élimination des asymétries au dos et la minimisation de la dépense d'énergie ou travail mécanique. Comment les travailleurs peuvent-ils appliquer ces principes dans les situations complexes de travail ? Il existe une faiblesse importante dans les programmes d'entraînement actuels : ils ne sont pas suffisamment basés sur les connaissances que les travailleurs ont acquises dans leur profession ; les recommandations demeurent souvent théoriques et pas assez pratiques. Les spécialistes de la sécurité au travail sont de plus en plus préoccupés par ce problème. Il existe un facteur clé dans cette problématique d'entraînement à la manutention sécuritaire, celui de mettre les travailleurs à contribution. À cet effet, les objectifs de nos études comprennent trois parties : examiner comment des travailleurs experts se distinguent des travailleurs novices ; évaluer objectivement les aspects sécuritaires de leurs stratégies par une approche biomécanique et, finalement, évaluer l'efficacité de ces stratégies dans un programme d'entraînement afin d'éventuellement recommander leur inclusion dans ces programmes.

2. Caractéristiques des travailleurs experts et novices

- 2 La littérature sur les caractéristiques des travailleurs experts/novices dans l'industrie est extrêmement rare, probablement à cause de la grande variété et de la complexité des conditions de travail. On a donc posé l'hypothèse que la comparaison de travailleurs experts avec des travailleurs novices, pour des conditions similaires, aiderait à mettre en lumière certains éléments fondamentaux méritant un examen ultérieur approfondi quant à leur potentiel pour une manutention sécuritaire.
- 3 La comparaison de travailleurs experts et novices a révélé des différences très importantes, spécialement celles en relation avec les manœuvres de boîtes (prises, pivotements, inclinaisons) et avec les placements/déplacements des pieds (orientation des pieds, types de pas) (Authier et al., 1995a, 1996). Les experts favorisent des inclinaisons de boîte, souvent avec les mains en prises diagonales sur les coins ; ils anticipent la tâche en orientant leur bassin, leur pied de support et la charge vers la zone de dépôt ; ils se déplacent par petits pas en maintenant la boîte inclinée jusqu'au dépôt. Quant aux novices, ils utilisent moins fréquemment les prises en diagonale et plus souvent la position d'une main sur la face de la boîte ; ils inclinent rarement les boîtes ; ils font face à la zone de prise plutôt qu'à celle du dépôt et se déplacent avec des grands pas ; ils ont aussi tendance à fléchir leurs genoux de façon plus prononcée. Ces experts interviewés au sujet de leurs stratégies (Authier et al., 1995b) ont la perception que ces stratégies réduisent leurs efforts au dos et aux membres supérieurs et permettent un meilleur contrôle sur la charge. Telles furent les caractéristiques le plus souvent observées, mais il convient de noter que, même dans le contexte simple de l'étude, il existait une grande variété de prises et de types d'inclinaisons de la charge chez les deux groupes dépendamment de la hauteur initiale de la charge et, à un moindre degré, de son poids (Authier et al., 1995a).
- 4 Ceci met l'emphasis sur le fait qu'il est peu probable qu'il existe une seule technique de manutention optimale se prêtant à toutes les situations et qu'on pourrait enseigner aux travailleurs dans les programmes d'entraînement. Le défi pour le travailleur est donc celui de pouvoir s'ajuster constamment à des conditions de travail variables. La question suivante qui se posait était de savoir si ces caractéristiques communes observées chez les experts pouvaient influencer la performance de novices dans un programme

d'entraînement et mener à des modes de manutention plus sécuritaires. Au préalable, une évaluation biomécanique des stratégies des travailleurs s'imposait.

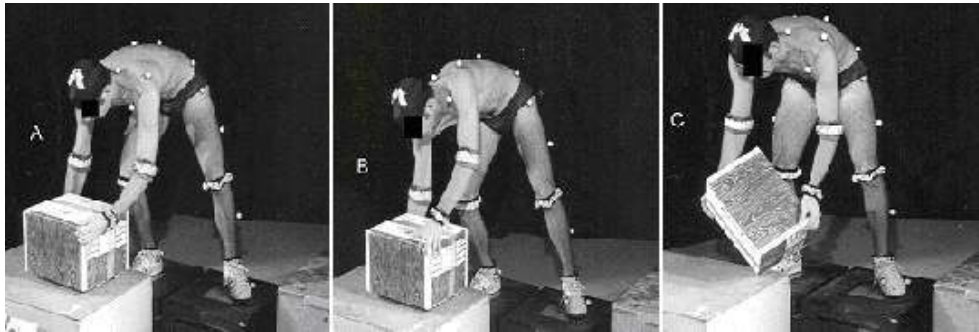
3. Évaluation biomécanique des stratégies des travailleurs

- 5 Certaines stratégies des experts et des novices furent donc évaluées en utilisant une approche biomécanique avec des techniques cinématographiques et des plates-formes de force. Un modèle 3D de la colonne lombaire en L5/S1 fut développé (Gagnon et Gagnon, 1992 ; Plamondon et al., 1995) et validé (Plamondon et al., 1996 ; Desjardins et al., 1998) pour évaluer les asymétries de la posture et des efforts. Les tests biomécaniques comparant des stratégies d'experts à celles de novices, surtout celles relatives aux placements/déplacements des pieds et aux prises/inclinaisons des charges, ont montré qu'elles étaient effectivement plus efficaces et présentaient un potentiel de sécurité quant aux chargements articulaires et au travail mécanique (Gagnon et al., 1996 ; Delisle et al., 1996 ; Gagnon, 1997 ; Delisle et al., 1999 ; Gagnon et al., 2000). De plus, des analyses de certaines stratégies quant à la posture du dos ont aussi montré qu'il existait des moyens de réduire les asymétries de posture et des efforts au dos (Gagnon et al., 1993 ; Plamondon et al., 1995 ; Gagnon et al., 2000).

4. Stratégies de placement/déplacement des pieds

- 6 Plusieurs études furent menées pour déterminer l'effet de la **mobilité des pieds** en opposition à des stratégies avec les **pieds fixés**, sans déplacement ; de plus, certains modes de placement/déplacement des pieds propres à des experts et à des novices furent sélectionnés et comparés. Les résultats pour des positions de **pieds fixés** ont différé selon qu'il y avait contrôle ou non de la **posture du dos** : une stratégie avec les pieds fixés au sol et sans contrôle de la posture du dos conduisait à de fortes asymétries du tronc dans les manutentions hors du plan sagittal (Gagnon et al., 1993), ce qui fut plus tard confirmé (Kingma et al., 1998), mais d'autre part, les asymétries du dos demeuraient faibles dans ces cas où la posture était contrôlée, i.e. que les épaules étaient maintenues parallèles au sol pour éviter les torsions (Plamondon et al., 1995 ; Gagnon et al., 2000). La comparaison directe de ces postures (Gagnon et al., 2000) est illustrée (Figure 1 A-B).

Figure 1. Prise de boîte avec des stratégies : (A) épaules parallèles, boîte non inclinée, (B) épaules non parallèles, boîte non inclinée et (C) épaules parallèles et boîte inclinée

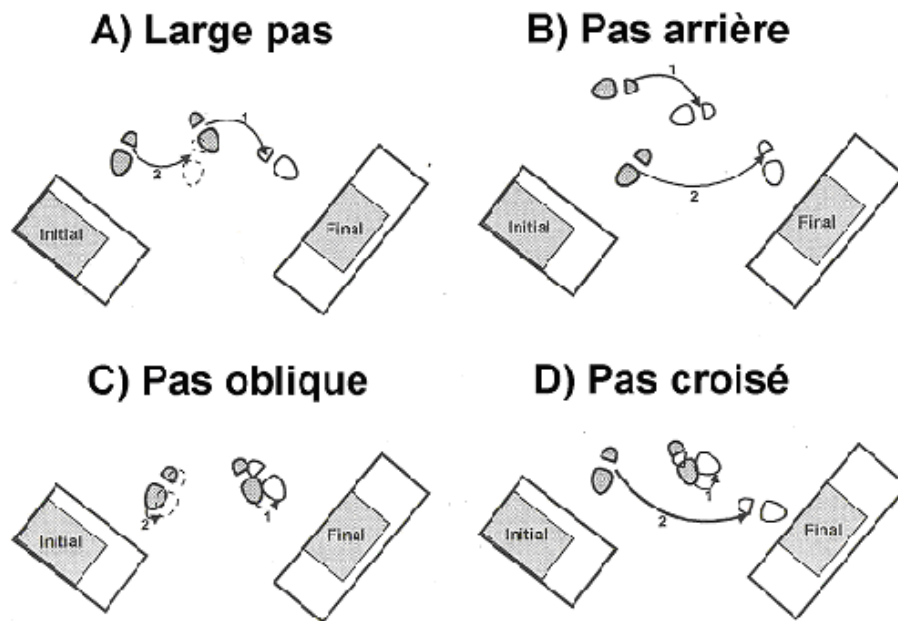


Imprimé en partie de *Clinical Biomechanics* 15(7), M. Gagnon, A. Larrivé, P. Desjardins « Strategies of load tilts and shoulders positioning in asymmetrical lifting. A concomitant evaluation of the reference system of axes », 477-488, 2000, avec la permission de Elsevier Science.

- 7 De plus, la **mobilité des pieds**, caractérisée par un pivotement des pieds tout en maintenant la charge face au tronc, fut associée à une réduction des asymétries de posture et d'efforts au dos (Gagnon et al., 1993). Cependant, il est important de mentionner que même si le pivotement des pieds apparaît ici comme une stratégie efficace pour réduire les asymétries du dos, elle n'est en fait que rarement utilisée par les travailleurs (seulement 5 % des cas) et elle est presque entièrement observée pour des manutentions à partir de basses hauteurs (Authier et al., 1995a, 1996) ; une faible utilisation s'explique probablement par le fait que cette stratégie est plus exigeante pour les membres inférieurs (Gagnon et al., 1995) et peut dépendre du type de surface de travail. Il est donc douteux que le potentiel de cette stratégie puisse être généralisé. On doit aussi noter qu'il existe divers modes de réalisation des pivotements des pieds qui mériteraient des analyses, tels le pivotement alternatif sur chacun des pieds lors du transfert du poids corporel.
- 8 L'examen de certains modes de placement/déplacement des pieds propres à des experts et à des novices (Figure 2) montra différents profils : chez les experts, un placement des pieds anticipant le dépôt, en position intermédiaire entre les zones de prise/dépôt (pas oblique) ou encore un maintien de la charge face au tronc tout en minimisant le déplacement (pas croisé) et, d'autre part, chez des novices, un placement des pieds face à la zone de prise où il y avait manque d'anticipation du dépôt (large pas) et un manque d'optimisation des déplacements (pas arrière) (Delisle et al., 1999). Les experts tendaient à adopter des stratégies de placement/déplacement des pieds qui comportaient d'importants bénéfices pour un ensemble de facteurs associés à la réduction des dépenses d'énergie ou travail mécanique lors de levers et abaissements de la charge (réduction des déplacements du centre de gravité et, dans le cas du pas croisé, réduction aussi de la durée de la tâche). Il est important de mentionner qu'il s'agissait d'une sélection de stratégies parmi beaucoup d'autres et il ne faut pas conclure que ces stratégies sont utilisables dans toutes les situations. Il semble toutefois que les experts arrivent à développer des modes plus sécuritaires de déplacement. Cependant, la posture du dos ne semble pas affectée dans ces conditions de mobilité des pieds, les asymétries demeurant faibles (Delisle et al., 1999) ; les mêmes observations avaient prévalu dans le cas de l'examen biomécanique direct des travailleurs eux-mêmes, experts et novices, pour des placements limités sur des plates-formes de force (Gagnon et al., 1996). Ceci suggère que

la mobilité des pieds peut constituer un facteur clé quant à la solution des asymétries de posture du dos.

Figure 2. Déplacements des pieds chez des novices : A) Large pas et B) Pas arrière ; et chez des experts : C) Pas oblique et D) Pas croisé



Imprimé en partie de International Journal of Industrial Ergonomics 23, A. Delisle, M. Gagnon, P. Desjardins « Kinematic analysis of footstep strategies in asymmetrical lifting and lowering tasks », 451-460, 1999, avec la permission de Elsevier Science.

- 9 Les conclusions concernant les placements/déplacements des pieds sont à l'effet que le maintien des pieds fixes avec la charge hors du plan sagittal peut mener à de fortes asymétries du tronc, à moins qu'un contrôle de la posture ne soit exercé ; un déplacement des pieds de telle sorte que la charge peut être maintenue face au tronc (ex. le pivotement des pieds) apparaît une option ; le maintien des épaules parallèles au sol pour éviter les torsions en apparaît une autre. Ces deux solutions potentielles méritent des recherches plus approfondies avant d'être généralisées. Il se dégage toutefois que la mobilité des pieds ne devrait pas être restreinte et que les zones de travail devraient être aménagées en conséquence. Un élément qui a clairement différencié les stratégies des travailleurs experts est l'habileté à anticiper la tâche, par exemple l'anticipation du dépôt par une position initiale des pieds vers cette zone avec la conséquence d'une réduction de la trajectoire de la charge.

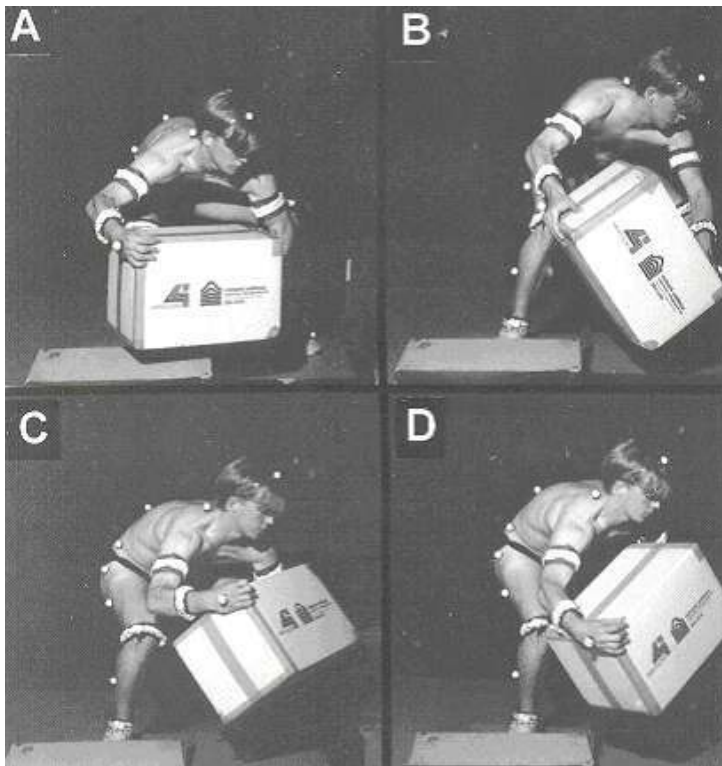
5. Manœuvres des boîtes

- 10 Le couplage de prises et d'inclinaisons de boîtes est l'un des plus importants facteurs différentiels entre les travailleurs experts et novices : les experts utilisent jusqu'à une quarantaine de combinaisons différentes de prises/inclinaisons dans des contextes asymétriques simples de lever/abaissement alors que les novices n'utilisent que très peu les inclinaisons de boîtes (Authier et al., 1996). En dépit d'une grande utilisation par les

travailleurs experts, cette manœuvre n'est pas mentionnée dans les programmes d'entraînement et n'a pas fait l'objet d'études biomécaniques. De là l'intérêt pour cette question. S'agit-il d'une stratégie efficace pour une manutention sécuritaire ?

- 11 Plusieurs études furent donc menées pour examiner différentes situations impliquant soit des levers symétriques simples dans le plan sagittal, soit des levers asymétriques plus complexes avec des inclinaisons de la boîte dans une seule direction ou encore avec des inclinaisons multiples dites mixtes. Pour les levers symétriques simples dans le plan sagittal, une condition dite « **avec inclinaison** » pour laquelle le sujet devait adopter des prises parallèles (les deux mains sous la boîte) et une inclinaison de la boîte vers l'arrière (vers le sujet) était comparée avec une condition dite « **pas d'inclinaison** » pour le lever d'une boîte de 12 kg du sol jusqu'à une étagère de 67 cm de hauteur placée directement devant le sujet (Gagnon, 1997). Pour les levers asymétriques, une première situation impliquait l'utilisation **d'inclinaisons unidirectionnelles**, soit dans les directions latérales (à gauche et à droite) ou antéro-postérieures, avec des prises en diagonale sur les coins ou en opposition sur les deux arêtes de la boîte, lors du transfert d'une boîte de 12 kg entre deux étagères de 16 cm de hauteur placées à 90° l'une par rapport à l'autre et les comparaisons se firent avec une condition dite « **pas d'inclinaison** » (Figure 3) (Delisle et al., 1996) ; une seconde situation impliquait des conditions similaires de transfert mais en utilisant des **inclinaisons mixtes** ou combinées de la boîte dans plusieurs directions (d'abord un pivotement latéral de la boîte sur l'arête vers la gauche, puis sur un coin, vers le sujet, tout juste avant le transfert) en utilisant des prises en diagonale sur les coins, de sorte que les deux mains pouvaient être amenées à peu près à la même hauteur avec l'intention de distribuer ainsi le poids également entre les deux mains (Figure 1 C), la comparaison étant faite avec une condition dite « **pas d'inclinaison** » (Figure. 1 A) (Gagnon et al., 2000).

Figure 3. Manœuvres de boîte durant le transfert : A) Sans inclinaison, B) Inclinaison à gauche, C) Inclinaison arrière et D) Inclinaison à droite



Imprimé en partie de International Journal of Occupational Safety and Ergonomics 2(2), A. Delisle, M. Gagnon, P. Desjardins « Handgrip and box tilting strategies in handling : Effect on stability and trunk and knee efforts », 109-118, 1996, avec la permission de JOSE.

- 12 Les résultats montrèrent que l'utilisation d'**inclinaisons mixtes** de la boîte influença le travail mécanique et les variables qui y sont reliées (Gagnon et al., 2000), produisant des réductions du travail mécanique fait sur la charge elle-même, par le biais d'une réduction de la longueur de la trajectoire de la charge et de celle du centre de gravité du travailleur lors du transfert de la charge (période où la charge est transportée, i.e. entre la prise et le dépôt); en effet, l'inclinaison de la charge à la prise et au dépôt produisait son rapprochement du travailleur et son élévation et, par là, une moins grande flexion des genoux. De plus, les moments maximaux des extenseurs du dos étaient réduits. Les résultats étaient similaires pour l'étude de lever symétrique avec **inclinaison arrière** de la boîte (Gagnon et al., 1997). En outre, on nota peu d'effets d'asymétrie au tronc malgré l'exécution de levers asymétriques avec des **inclinaisons unidirectionnelles** (Delisle et al., 1996) et **mixtes** (Gagnon et al., 2000). D'autre part, la pénalité associée aux inclinaisons de boîte était une augmentation du temps pour effectuer la tâche; l'utilisation des inclinaisons de boîtes constitue pourtant une préparation efficace puisque le temps du transfert de la charge, cette phase où les plus grands efforts sont exercés, s'en trouve conséquemment réduit.
- 13 Deux des études déjà citées fournirent des données pour des travailleurs novices qui simulaient à la fois des éléments caractérisant des stratégies d'experts et de novices : l'une d'elles (Gagnon, 1997) s'appliquait à des conditions symétriques de lever impliquant une faible flexion des genoux et une inclinaison arrière de la boîte, propres à des experts, versus une grande flexion des genoux et l'absence d'inclinaison de la boîte, propres à des

novices ; l'autre étude (Gagnon et al., 2000) s'appliquait à des conditions de lever asymétrique impliquant des éléments de stratégie d'experts, i.e. les épaules parallèles au sol et des inclinaisons mixtes de la boîte (Figure 1 C) et de stratégie de novices, i.e. les épaules non parallèles avec le tronc en torsion et l'absence d'inclinaisons de boîte (figure 1 B). Les éléments propres aux experts furent associés à la réduction des efforts au dos, i.e. la force de compression moyenne (Gagnon et al., 1997) et à la réduction des asymétries de posture et d'efforts au dos (Gagnon et al., 2000) ; de même, ils furent associés à une réduction des moments maxima des extenseurs des genoux, de l'amplitude du déplacement des genoux et par là des réductions du travail mécanique (Gagnon, 1997). Les résultats pour les moments extenseurs des genoux, pour les stratégies de novices, ressemblent à ceux rapportés dans la littérature pour la technique dite « avec les jambes » ou « squat » (Ekholm et al., 1984 ; Toussaint et al., 1992) et sont indicatifs de plus fortes mises en charge sur la rotule lorsque les genoux sont fortement fléchis ; d'autre part, ces mêmes moments pour les stratégies d'experts ressemblent plutôt aux résultats obtenus avec la technique dite « style libre » pour des angles comparables de flexion des genoux (Schipplein et al., 1995), une technique qui utilise des flexions modérées des genoux et du tronc par opposition aux techniques dites « avec les jambes » (« squat ») et « avec le dos » (« stoop ») impliquant surtout ou les jambes ou le tronc.

- 14 Pour résumer, il apparaît que les manœuvres d'inclinaisons des boîtes présentent un potentiel pour réduire l'action des extenseurs des genoux responsables des contraintes sur l'articulation fémoro-rotulienne ; de plus, les chargements au dos sont réduits et surtout il existe un fort potentiel pour la réduction du travail requis par la tâche et les exigences énergétiques, un aspect important lorsqu'on considère les effets à long terme.
- 15 La combinaison de tous ces facteurs propres aux déplacements/déplacements des pieds, aux manœuvres de boîtes et à la posture du dos pourrait être indiquée dans les programmes d'entraînement et c'était donc le troisième objectif de nos travaux d'en évaluer l'efficacité dans un programme d'entraînement.

6. Programme d'entraînement

- 16 Certains problèmes potentiels des programmes d'entraînement pourraient être que l'entraînement est insuffisamment basé sur la connaissance des stratégies qu'utilisent les travailleurs ou que des méthodes d'entraînement inadéquates sont utilisées. On critique aussi les études biomécaniques de manutention en laboratoire comme étant peu ancrées dans les réalités de la pratique et prenant peu en compte l'adaptabilité du travailleur (Sedgwick et al., 1998). De plus, les exigences requises pour obtenir des données reproductibles ont forcé les chercheurs à contrôler la performance des travailleurs qui s'en est trouvée altérée (ex. restrictions de déplacement de pieds sur de petites plates-formes de force ; utilisation de poignées sur les boîtes expérimentales, des situations rares en pratique ; prédominance d'analyses dans un plan sagittal avec seulement de rares études utilisant une approche 3D pour l'analyse de conditions complexes plus proches de la réalité). Les méthodes d'entraînement peuvent aussi être questionnées, spécialement l'enseignement de techniques spécifiques. L'acquisition de l'habileté motrice devrait plutôt être vue comme une stratégie de recherche effectuée par l'apprenti où le processus de la pratique est caractérisé comme une recherche de solutions motrices optimales pour répondre au problème posé, par opposition à la simple répétition d'un geste, une approche appelée écologique (Newell, 1991). Cependant, cette

approche ne semble pas avoir été utilisée pour la manutention manuelle. L'entraînement met généralement plutôt l'accent sur l'acquisition d'éléments spécifiques comme le lever avec les jambes plutôt que le dos et la distribution du poids sur les deux jambes (Nygård et al., 1998), le maintien d'une posture avec le dos droit (Nussbaum et al., 2001) ou encore le maintien d'une courbe du dos en lordose (Schenk et al., 1996) ; ces éléments sont appris avec succès mais on questionne une approche basée sur des instructions spécifiques quant aux techniques de lever (Nygård et al., 1998 ; Nussbaum et al., 2001) et sur les succès à long terme pour réduire les problèmes musculo-squelettiques, en particulier ceux au dos.

- 17 Nos objectifs consistèrent alors à évaluer les processus d'entraînement chez des travailleurs novices à l'aide de deux études indépendantes, l'une pour l'examen des effets de la pratique alors que les sujets ne recevaient aucune information (pratique libre) (Gagnon et al., 2002) et la seconde, dans un contexte basé sur l'observation de films vidéo contrastant des stratégies de travailleurs experts et de novices pour les placements/déplacements des pieds, les manœuvres de boîtes (prises/inclinaisons) et la posture du dos (Gagnon, 2003). Pour réduire certaines restrictions comme celles énoncées plus haut pouvant entraver la performance des sujets, une plate-forme dynamométrique de grande dimension (2,4 m x 2,4 m) fut développée dans notre laboratoire pour l'étude de grands déplacements (Desjardins et Gagnon, 2001) ; les tâches elles-mêmes furent exécutées et analysées tridimensionnellement et inclurent des évaluations de l'asymétrie de la posture et des efforts ; et enfin, les boîtes ne possédaient pas de poignées.

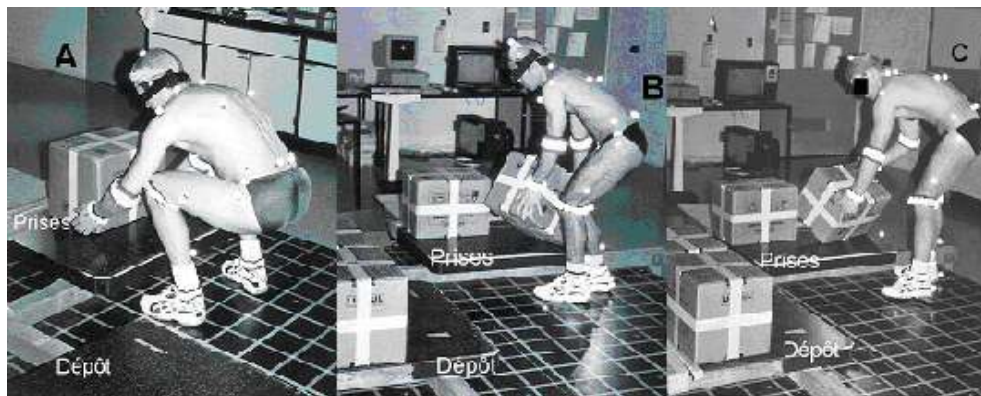
7. Pratique libre

- 18 L'évaluation de travailleurs novices lors de répétitions de lever de charges de 15 kg (boîtes homogène et hétérogène ; cylindre) dans un contexte asymétrique montra une absence de différences statistiques significatives entre les essais de pratique pour les trois critères de sécurité choisis pour l'évaluation, i.e. le travail mécanique, les efforts au dos (moments résultants en L5/S1 à la prise) et les asymétries d'efforts au dos (moments asymétriques à la prise) (Gagnon et al., 2002). Cependant, comme il existait une très grande variété de performances chez chaque sujet et entre les sujets, il devenait donc intéressant de comparer les meilleurs essais de chaque sujet avec leurs pires essais pour chacune des trois variables adoptées comme critères de sécurité. Ainsi, les meilleures stratégies de réduction du travail mécanique et les meilleures stratégies de réduction des efforts au dos furent associées à une moins grande flexion des genoux ; enfin, les meilleures stratégies de réduction des asymétries d'efforts au dos furent associées à des réductions des asymétries dans la posture elle-même, par exemple un meilleur parallélisme entre les lignes épaule/bassin/mains et le maintien des épaules plus parallèles par rapport au sol. Cette analyse des extrêmes met ainsi en évidence le rôle potentiel de certains facteurs dans l'analyse des risques (ici, les genoux et les alignements segmentaires) ; de même, elle suggère que le geste le plus risqué est probablement celui qui est impromptu et non prévisible.
- 19 L'étape suivante consistait à évaluer les effets de la pratique chez des travailleurs novices par des observations contrastant la performance de tâches chez des experts et chez des novices.

8. Pratique basée sur l'observation des travailleurs

- 20 L'objectif était d'évaluer l'effet de l'entraînement basé sur une recherche par le travailleur novice de stratégies de manutention optimales et l'observation de films vidéo de stratégies de travailleurs experts et novices mises en contraste pour trois éléments, i.e. le travail des pieds (placement/déplacement), les manœuvres de boîtes (inclinaisons de charge et prises) et la posture du dos (Gagnon, 2003). Dix travailleurs novices furent ainsi analysés lors d'un essai pré-entraînement et lors d'essais post-entraînement. Pour l'entraînement lui-même, le sujet ne recevait pas de consignes mais il était encouragé à essayer différentes solutions après avoir observé les enregistrements vidéo ; le contexte d'entraînement lui-même était varié mais le contexte expérimental pré-entraînement et post-entraînement était standardisé. Ce type d'entraînement, basé sur l'observation de travailleurs experts et novices, a permis de réduire le travail mécanique fait sur la charge (de 40 à 50 %) lors de son transfert et de réduire les efforts du dos ou moments résultants au dépôt et/ou à la prise (de 10 à 30 %). Ces effets furent attribués aux inclinaisons des boîtes (absentes avant l'entraînement mais présentes, dans 80-90 % des cas, immédiatement après l'entraînement) ainsi qu'à l'orientation des pieds et de la charge (apprentissage à s'orienter vers le dépôt par anticipation). Le facteur important avec les inclinaisons réside dans l'élévation du centre de gravité de la charge et son rapprochement du sujet, minimisant ainsi chez lui le besoin de fléchir les genoux et par là réduisant la longueur de la trajectoire de la charge (par 50 à 70 cm) et sa durée (par environ 10 %) lors du transfert. Les changements sont illustrés par des exemples (Figure 4).

Figure 4. Exemples de positions typiques à la prise (A) en pré-entraînement et (B-C) en post-entraînement. Noter les différences avec le pré-entraînement, pour la flexion des jambes, l'orientation des pieds vers le dépôt, les inclinaisons de boîte, les prises manuelles sur les coins



Imprimé en partie de *Clinical Biomechanics*, 18(7), M. Gagnon « The efficacy of training for three manual handling strategies based on the observation of expert and novice workers », 601-611, 2003, avec la permission de Elsevier Science.

- 21 Il est important de mentionner que, contrairement aux attentes, l'asymétrie du dos n'est pas ici apparue comme une caractéristique d'apprentissage, les sujets assumant une posture et des efforts du dos avec peu d'asymétrie, même dans le pré-entraînement (moments d'asymétrie de l'ordre de 40 Nm). Ceci avait aussi été le cas pour la pratique libre (Gagnon et al., 2002). On peut ainsi poser l'hypothèse que le fait que les déplacements/placements des pieds n'aient pas été restreints dans ces deux études

représente un facteur clé pour les réductions d'asymétrie du dos ; c'est en opposition avec les importantes asymétries d'efforts (moments de torsion et/ou de flexion latérale) rencontrées dans ces études où les mouvements des pieds ont été restreints (Jäger and Luttman, 1992 ; Gagnon et al., 1993 ; Kingma et al., 1998). Ceci ne veut pas dire que les asymétries du dos peuvent être complètement éliminées par le seul effet de liberté des déplacements ; en effet, le contexte de manutention impose ses propres contraintes tels les obstacles, l'espace limité ou un mauvais placement de la charge. Ce facteur mérite un examen plus approfondi.

9. Conclusions

- 22 On peut conclure que les travailleurs experts présentent des caractéristiques de manutention qui s'avèrent biomécaniquement plus sécuritaires, surtout en ce qui concerne les placements/déplacements des pieds et les manœuvres sur les boîtes. Certaines stratégies de placement/déplacement des pieds typiques d'experts sont caractérisées par une réduction potentielle des dépenses d'énergie ou du travail mécanique, i.e. une réduction de la durée du transfert de la charge et de sa trajectoire. Similairement, les manœuvres de boîtes (prises et inclinaisons) typiques aux experts réduisent fortement le travail mécanique et légèrement les chargements du dos en extension ; cependant, il n'y a pas eu d'évidence de réduction des asymétries du dos par ce procédé. Les asymétries du dos sont plutôt mises en cause dans les cas d'un placement fixé des pieds avec une déviation de la charge en dehors du plan sagittal, à moins que la posture du tronc ne soit contrôlée. Il existe au moins deux moyens de réduire les asymétries du tronc, soit en déplaçant les pieds de façon à maintenir la charge face au tronc, comme avec le pivotement des pieds, soit en maintenant les épaules parallèles au sol pour éviter la torsion.
- 23 On peut aussi conclure qu'une pratique libre de la manutention chez des travailleurs novices ne mène pas spontanément à un apprentissage de stratégies optimales. D'autre part, un entraînement orienté sur l'observation de certaines stratégies contrastées propres à des experts et à des novices (placement/déplacement des pieds, manœuvres de boîtes et posture du dos), combiné à une recherche de solutions optimales, mène les travailleurs à adopter rapidement de nouvelles façons de manœuvrer les charges et de se placer par rapport à la charge qui apparaissent plus sécuritaires pour le travail mécanique et les chargements au dos. Il est donc recommandé d'inclure ces éléments dans les programmes d'entraînement et d'élaborer des programmes sur la base des connaissances des travailleurs et l'observation de leurs performances plutôt que sur la seule théorie. Il est aussi recommandé de poursuivre la recherche sur ces importants facteurs qui affectent les mises en charge sur le dos, les asymétries de posture et d'efforts, et le travail mécanique : les facteurs clés sont les placements et déplacements des pieds et les manœuvres avec les charges.

BIBLIOGRAPHIE

- Authier, M., Gagnon, M., Lortie, M. (1995a). Handling techniques : the influence of weight and height for experts and novices. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 1, 262-275.
- Authier, M., Lortie, M., Gagnon, M. (1995b). La formation à la manutention : le point de vue de manutentionnaires experts. 2e conférence scientifique internationale sur la prévention des lésions musculo-squelettiques liées au travail. (PREMUS) Recueil des Résumés, Montréal, sept. 24-28, p. 486-488.
- Authier, M., Lortie, M., Gagnon, M. (1996). Manual handling techniques : comparing novices and experts. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 17, 419-429.
- Delisle, A., Gagnon, M., Desjardins, P. (1996). Handgrip and box tilting strategies in handling : effect on stability and trunk and knee efforts. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 2, 109-118.
- Delisle, A., Gagnon, M., Desjardins, P. (1999). Kinematic analysis of footstep strategies in asymmetrical lifting and lowering tasks. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 23, 451-460.
- Desjardins, P., Gagnon, M. (2001). A force platform for large human displacements. Technical Note. *Medical Engineering and Physics*, 23, 143-146.
- Desjardins, P., Plamondon, A., Gagnon, M. (1998). Sensitivity analysis of segment models to estimate the net reaction moments at the L5/S1 joint in lifting. Technical Note. *Medical Engineering and Physics*, 20, 153-158.
- Ekholm, J., Nisell, R., Arborelius, V.P., Hammerberg, C., Nemeth G. (1984). Loads on knee joint structures and muscular activity during lifting. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 16, 1-9.
- Gagnon, M. (1997). Box tilt and knee motions in manual lifting : two differential factors in expert and novice workers. *Clinical Biomechanics*, 12, 419-428.
- Gagnon, M. (2003). The efficacy of training for three manual handling strategies based on the observation of expert and novice workers. *Clinical Biomechanics*, 18, 601-611.
- Gagnon, M., Delisle, A., Desjardins, P. (2002). Biomechanical differences between best and worst performances in repeated free asymmetrical lifts. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 29, 73-83.
- Gagnon, D., Gagnon, M. (1992). The influence of dynamic factors on triaxial net muscular moments at the L5/S1 joint during asymmetrical lifting and lowering. *Journal of Biomechanics*, 25, 891-901.
- Gagnon, M., Larrivé, A., Desjardins, P. (2000). Strategies of load tilts and shoulders positioning in asymmetrical lifting. A concomitant evaluation of the reference systems of axes. *Clinical Biomechanics*, 15, 478-488.
- Gagnon, M., Plamondon, D., Gravel, D. (1993). Pivoting with the load. An alternative for protecting the back in asymmetrical lifting. *Spine*, 18, 1515-1524.

- Gagnon, M., Plamondon, A., Gravel, D., Lortie, M. (1996). Knee movement strategies differentiate experts from novice workers in asymmetrical manual materials handling. *Journal of Biomechanics*, 29, 1445-1453.
- Jäger, M., Luttman, A. (1992). The load on the lumbar spine during asymmetrical bi-manual materials handling. *Ergonomics*, 35, 783-805.
- Kingma, I., van Dieën, J.H., de Looze, M., Toussaint, H.M., Dolan, P., Baten, C.T.M. (1998). Asymmetrical low back loading in asymmetric lifting movements is not prevented by pelvic twist. *Journal of Biomechanics*, 31, 527-534.
- Newell, K.M. (1991). Motor skill acquisition. *Annu Rev Psychol*, 42, 213-237.
- Nussbaum M.A., Torres N. (2001). Effects of training in modifying working methods during common patient-handling activities. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 27, 33-41.
- Nygård, C.-H., Merisalo, T., Arola, H., Manka, M.-L., Huhtala, H. (1998). Effect of work changes and training in lifting technique on physical strain : A pilot study among female workers of different ages. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 21, 91-98.
- Plamondon, A., Gagnon, M., Desjardins, P. (1996). Validation of two 3-D segment models to calculate the net reaction forces and moments at the L5/S1 joint in lifting. *Clinical Biomechanics*, 11, 101-110.
- Plamondon, A., Gagnon, M., Gravel, D. (1995). Moments of the L5/S1 joint during asymmetrical lifting : effects of different load trajectories and initial load positions. *Clinical Biomech*, 10, 128-36.
- Schenk, R.J., Doran, R.L., Stachura, J.J (1996). Learning effects of a back education program. *Spine*, 19, 2183-2189.
- Schipplein, O.D., Reinsel, T.E., Andersson, G.B.J., Lavender S.A. (1995). The influence of initial horizontal weight placement on the loads at the lumbar spine while lifting. *Spine*, 20, 1895-1898.
- Sedgwick, A.W., Gormley, J.T. (1998). Training for lifting : an unresolved ergonomic issue ? *Applied Ergonomics*, 5, 395-398.
- Toussaint, H.M., van Baar, C.E., van Langen, P.P., de Looze, M.P., van Dieën, J.H. (1992). Coordination of the leg muscles in backlift and leglift. *Journal of Biomechanics*, 25, 1279-1289.

RÉSUMÉS

Les travailleurs experts et novices présentent des caractéristiques différentes, particulièrement pour les éléments de placements/déplacements des pieds et de manœuvres effectuées avec les boîtes. Un examen biomécanique de ces éléments et de certaines stratégies contrastant les experts et les novices a mis en évidence leur potentiel pour une manutention plus sécuritaire. On note la réduction des chargements articulaires, surtout au dos, la réduction des asymétries du dos et les exigences moins grandes en travail mécanique. L'efficacité de stratégies d'experts et de novices fut ensuite évaluée, suite à un programme d'entraînement, par deux études indépendantes effectuées chez des travailleurs novices. On a d'abord étudié les effets de la pratique libre pour conclure qu'elle ne mène pas spontanément à un apprentissage de stratégies optimales. On a ensuite évalué un entraînement orienté sur l'observation de certaines stratégies contrastées propres à des experts et à des novices (placement/déplacement des pieds, manœuvres de boîtes et posture du dos), combinée à une pratique libre mais orientée sur une recherche de solutions optimales ; on a conclu que les novices soumis à cet entraînement adoptaient rapidement de nouvelles façons de manœuvrer les boîtes et de se placer qui

apparaissent plus sécuritaires pour le travail mécanique et les efforts au dos. Il est donc recommandé d'inclure ces éléments dans les programmes d'entraînement et d'élaborer des programmes sur la base des connaissances des travailleurs et l'observation de leurs performances plutôt que sur la seule théorie.

Expert and novice workers present different characteristics, particularly for aspects such as foot positioning/displacement and box maneuvers. A biomechanical investigation of these aspects and of specific strategies contrasting experts and novices revealed their potential for safer ways of handling. A reduction in joint loadings, especially on the back, and a reduction in back asymmetries and lesser mechanical work requirements were noted. The efficacy of experts' and novices' strategies was evaluated following a training program by means of two independent studies with novice workers. The effects of free practice were first evaluated ; it was concluded that this process does not lead spontaneously to the learning of optimal strategies. This was followed by the evaluation of a training program oriented towards the observation of specific strategies contrasting experts with novices (foot positioning/displacement, box maneuvers, back posture), combined with free practice oriented towards the search for optimal solutions. It was concluded that the novices who received this form of training quickly adopted new means of maneuvering boxes and of positioning themselves that appear safer for mechanical work and back efforts. It is therefore recommended that these aspects be included in training programs and that programs be based on workers' knowledge and the observation of their performances rather than on theory alone.

Los trabajadores expertos y principiantes presentan características diferentes, particularmente cuanto a los elementos de colocación y desplazamientos de los pies y de maniobras efectuadas con cajas. Un examen biomecánico de estos elementos y de ciertas estrategias enseñando el contraste entre expertos y novatos a puesto de manifiesto su potencial para una manutención más segura. Se nota la reducción de las cargas articulares, sobretudo en la espalda, la reducción de las asimetrías de la espalda y exigencias menos grandes en el trabajo mecánico. Luego, ha sido evaluada la eficacia de estrategias de expertos y de novatos gracias a un programa de práctica efectuado con dos estudios independientes con los trabajadores principiantes. Primero, se ha estudiado los efectos de la práctica libre, con la conclusión que no lleva espontáneamente a un aprendizaje de estrategias optimales. Luego, se ha evaluado una práctica orientada en la observación de ciertas estrategias desiguales propias a expertos y novatos (colocación/desplazamiento de los pies, maniobras de cajas y postura de la espalda), combinada con una práctica libre pero orientada en la búsqueda de soluciones optimales. Se ha concluido que los principiantes sometidos a esta práctica adoptaban rápidamente nuevas maneras de maniobrar las cajas y de colocarse que aparecían más seguras para el trabajo mecánico y los esfuerzos de la espalda. Se recomienda pues de incluir estos elementos en los programas de práctica y elaborar programas en la base de los conocimientos de los trabajadores y la observación de su actuación más bien que en la sola teoría.

INDEX

Keywords : training, instruction, handling, safety, biomechanics

Palabras claves : práctica, formación, manutención, seguridad, biomecánica

Mots-clés : entraînement, formation, manutention, sécurité, biomécanique

AUTEUR

MICHELINE GAGNON

Département de kinésiologie, Université de Montréal, succ. Centre-ville, C.P. 6128, Montréal
(Québec) H3C 3J7, micheline.gagnon@umontreal.ca